

PERPINDAHAN KALOR KONVEKSI PIRINGAN BERPUTAR

Purnomo¹⁾ dan Mega Nur Sasongko²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, FT – UGM, Jl. Grafika 2, Yogyakarta

Telp : 0274- 521673, Fax : 0274 – 521673

E-mail : purnomo_tm@yahoo.com

²⁾Jurusan Teknik Mesin, UNIBRAW, Jl. Mayjen Haryono 167, Malang, 65145

Telp : 0341-553286, Fax : 0341-551430

ABSTRACT

Heat transfer on a rotating disk has been investigated experimentally. It was intended for simulating heat transfer on a disk brake. The principle of heat-mass transfer analogy was used for estimating the heat transfer coefficient. The rotating disk was made of naphthalene with various outer diameters - inner diameter ratio of 4, 3, 2, and 1.3. The results was presented as nondimensional equation

$$Nu = 0,573(Re)^{0,63} \left(\frac{V_r}{V} \right)^{0,14} \left(\frac{d}{D} \right)^{0,23}$$

Keywords : heat transfer, rotating

[Metadata, citation and similar papers at core.ac.uk](#)

UGM Journals, OAI Repository

1. PENDAHULUAN

Kasus perpindahan kalor pada piringan berputar dapat dijumpai misalnya pada rem cakram. Kasus ini merupakan kasus yang cukup unik. Pengukuran koefisien perpindahan kalor pada permukaan yang bergerak lurus tidak terlalu sulit untuk dilakukan. Kondisi gerakan relatif dapat dibalik, Benda dibuat diam sedang fluidanya yang di alirkan melalui permukaan. Pemasangan termokopel pada permukaan piringan yang berputar merupakan masalah tersendiri kalau tidak dapat dikatakan sebagai hal yang tidak mungkin dilakukan. Penggunaan analogi perpindahan kalor – perpindahan massa memungkinkan pengukuran tersebut dengan tingkat kesulitan yang rendah. Metoda ini sudah banyak dipergunakan untuk pengukuran perpindahan kalor konveksi di udara. Sejauh ini belum ada informasi untuk perpindahan kalor konveksi di dalam cairan. Untuk udara, penggunaan naphthalene (kapur barus) memberikan hasil yang memuaskan.

2. METODA PENELITIAN

Metoda analogi perpindahan kalor – perpindahan massa untuk aliran paksa didasarkan pada teori Chilton – Colburn dengan bentuk persamaan

$$j = St \cdot Pr^{2/3} = f(Re) \quad (1a)$$

$$j_D = St_D \cdot Pr^{2/3} = f(Re) \quad (1b)$$

St : angka Stanton untuk perpindahan kalor

St_D : angka Stanton untuk perpindahan massa

Pr : angka Prandtl

Sc : angka Schmidt

Tidak semua persyaratan analogi dapat dipenuhi. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, cukup persyaratan geometri dan hidrodinamika saja yang dipenuhi asal Sc bahan yang dipergunakan lebih besar dari 2 maka hasilnya cukup baik. Naphtalene memenuhi persyaratan ini. Rhine

dan Tucker (1991) menunjukkan hal ini dalam tulisannya.

Kapur barus yang dipergunakan adalah kapur barus komersial yang ada dipasaran yang kemurniannya tak pasti. Untuk memperoleh keyakinan yang lebih baik beberapa penelitian telah dilakukan dengan metode ini untuk mengukur koefisien perpindahan kalor pada beberapa benda berbentuk sembarang dengan berbagai posisi relatif terhadap aliran (Bawa, 1999). Hasilnya dapat memberikan keyakinan yang lebih baik akan kehandalan metode analogi ini.

Jika $j = j_D$ maka koefisien perpindahan kalor dapat dihubungkan dengan koefisien perpindahan massa dengan persamaan

$$h = h_D C_p \rho \left(\frac{Sc}{Pr} \right)^{2/3} \quad (2)$$

h : koefisien perpindahan kalor ($W/m^2.K$)

h_D : koefisien perpindahan massa (m/s)

C_p : Kalor jenis udara ($J/kg.K$)

ρ : densitas udara (kg/m^3)

Laju perpindahan massa karena sublimasi

$$\dot{m} = \Delta m / t = h_D A \Delta C \quad (3a)$$

$$\Delta C = C_s - C_0 \quad ; C_0 = 0$$

$$(3b) C = \frac{P}{RT} \quad (3c)$$

Tekanan uap jenuh kapur barus (N/m^2) pada berbagai suhu dapat dihitung dari persamaan

$$\text{Log}(P) = 13,564 - \left(\frac{3729,4}{T} \right) \quad (4)$$

T adalah suhu absolute, K

Dari persamaan (3a), (3b), (3c) dan (4), koefisien perpindahan massa dapat dihitung

$$h_D = \frac{\dot{m} R_{kb} T}{P A} \quad (5)$$

R_{kb} adalah konstanta gas untuk uap kapur barus
Analogi perpindahan kalor – perpindahan massa menghasilkan,

$$h = h_D C_p \rho \left(\frac{Sc}{Pr} \right)^{2/3} \quad (6)$$

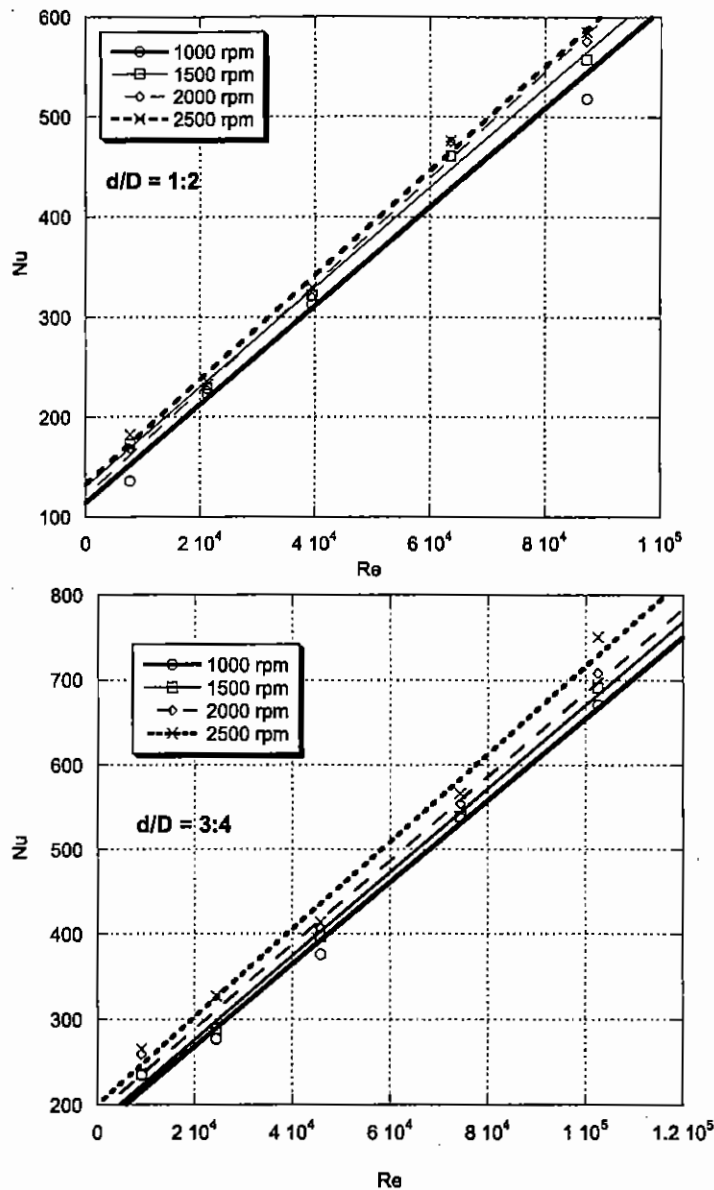
Angka Schmidt untuk kapur barus

$$Sc = 8,0743 T^{-0,2165} \quad (7)$$

Hubungan antara Nu dan Re dinyatakan dalam bentuk

$$Nu = K (Re)^a \left(\frac{V_r}{V} \right)^b \left(\frac{d}{D} \right)^c \quad (8)$$

Dalam persamaan (8) ini panjang karakteristik untuk Nu dan Re diambil $(D+d)/2$. V_r , kecepatan keliling, dihitung pada radius rata-rata cincin. D adalah diameter luar piringan, d adalah diameter dalam.

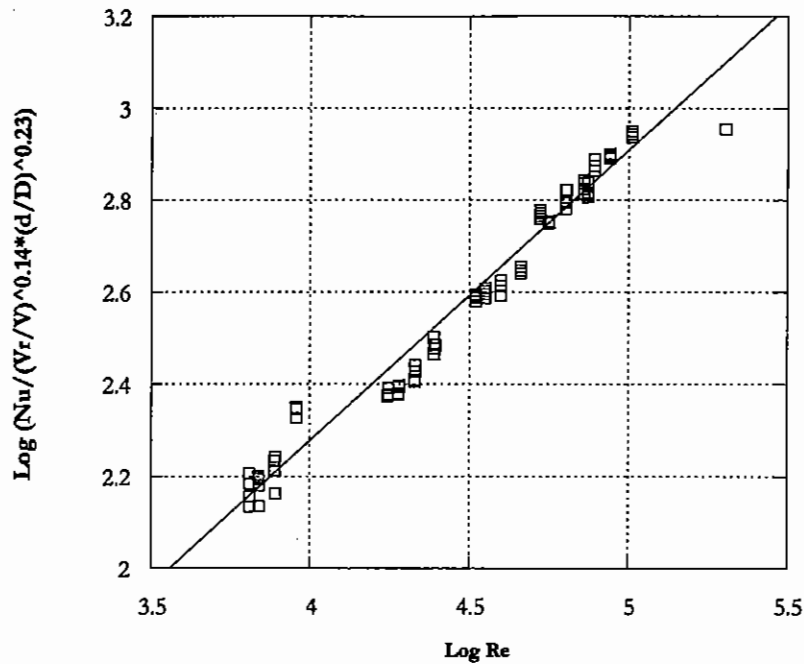


Gambar 1. Contoh hasil pengamatan (Sasongko, M., N., 2002).

3. HASIL PENELITIAN

Gambar (1) diatas adalah contoh hasil pengamatan yang dilakukan. Gambar (1.a) adalah untuk $d/D = 1:2$ dan Gambar (1.b) adalah untuk $d/D = 3:4$. Perbedaan antara keduanya adalah luasan cincin dan kecepatan putar cincin rata-rata. Walaupun untuk d/D tertentu pengaruh putaran tidak berpengaruh banyak, tetapi pengaruh d/D ternyata cukup besar. Hal ini dapat dimengerti karena untuk d/D yang makin besar, kecepatan titik di permukaan cincin makin merata dan makin tinggi jika D konstan. Adapun pengaruh putaran yang tidak besar kemungkinan disebabkan karena kecepatan relatif

udara terhadap permukaan cincin sama dengan penjumlahan vector kecepatan udara dan kecepatan keliling. Dengan demikian titik yang arah putarannya sama dengan arah aliran udara merupakan titik yang kecepatan relatifnya minimum dan diametral dari titik ini merupakan titik dengan kecepatan relatif maksimum pada suatu diameter tertentu. Angka Reynolds dihitung atas dasar harga rerata kecepatan maksimum dan minimum. Persamaan semi empirik yang dihasilkan digambarkan bersama dengan data pada Gambar (2) menunjukkan korelasi yang cukup baik.



Gambar 2. Penyebaran data.

4. KESIMPULAN

- Pengaruh putaran terhadap Nu atau h rata-rata tidak terlalu besar. Untuk hasil kasar, dapat dicoba piringan yang diam bila akan dipergunakan hot model.
- Makin besar d/D dan D makin besar Nu atau h
- Walaupun terbatas pada perpindahan kalor di udara, penggunaan metoda analogi ini memberi kemudahan untuk penyelesaian kasus-kasus tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bawa, S., *Koefisien Perpindahan Panas dan Massa untuk Partikel Berbentuk Sembarang*, Tesis S2, Jurusan Teknik Mesin UGM, Yogyakarta, 1999.
- Rhine, J.M., dan Tucker, R.J., *Modeling of Gas Fired Furnace and Boilers*, ed. 1, McGraw Hill Book Co., London, 1991.
- Sasongko, M.N., *Perpindahan Kalor Konveksi Pada Piringan Yang Berputar*, Tesis S-2, Jurusan Teknik Mesin UGM, Yogyakarta, 2002.